Le changement climatique en France illustré par la classification de Köppen

Vincent Dubreuil

Université Rennes 2, LETG-UMR 6554 CNRS

Vincent.dubreuil@univ-rennes2.fr

Résumé :

L'objectif de cet article est de présenter de manière simplifiée la manière dont s'opère le changement climatique en France entre 1950 et 2100. On utilise pour cela la classification des climats de Köppen afin de représenter la manière dont évolue le climat moyen pour 40 villes françaises représentatives. La même méthode est utilisée pour caractériser chacune des années prises individuellement afin de tenir compte de la variabilité interannuelle du climat et l'aborder en termes de fréquences. Les données retenues portent sur les périodes 1958-1987 et 1988-2017 d'une part, et d'autre part, sur les projections extraites du portail Drias : un seul modèle est utilisé ici, celui du CNRM avec le scénario RCP4.5 pour les périodes 2021-2050 (horizon proche), 2041-2070 (horizon moyen) et 2071-2100 (horizon lointain) ; pour cette dernière période, les données du scénario RCP8.5 sont également utilisées. Les résultats montrent la poursuite au XXIe Siècle de la tendance observée depuis 1958 de la diminution progressive des climats tempérés frais (85% des stations pour la première période) au profit des climats chauds, aussi bien en moyenne qu'en fréquences annuelles. Ces tendances très claires pour le scénario RCP4.5 sont exacerbées par le scénario RCP8.5 en fin de siècle : les climats frais ne représenteraient plus alors que la moitié des stations dans le premier scénario contre 15% des stations pour le scénario RCP8.5 où le type méditerranéen prédominerait largement au sud comme à l'ouest du pays !

Abstract :

The objective of this paper is to present in a simplified way how climate change takes place in France between 1950 and 2100. For this, the Köppen classification of climates is used in order to represent how the average climate evolves for 40 representative French cities. The same method is used to characterize each of the years taken individually in order to take into account the interannual variability of the climate and to approach it in terms of frequencies. The data used are the observations between two periods, 1958-1987 and 1988-2017 on the one hand, and on the other hand the projections extracted from the Drias portal: a single model is used here, that of the CNRM with the RCP4.5 scenario. for the periods 2021-2050 (near future), 2041-2070 (medium future) and 2071-2100 (far future); for this last period, the data from the RCP8.5 scenario are also used. The results show the continuation in the 21st Century of the trend observed since 1958 of the gradual decrease in cool temperate climates (85% of stations for the first period) in favor of hot climates, both on average and in annual frequencies. These very clear trends for the RCP4.5 scenario are exacerbated by the RCP8.5 scenario at the end of the century: cool climates would then represent only half of the stations in the first scenario against 15% of the stations for the RCP8.5 scenario, where the Mediterranean type would predominate largely in the south as in the west of the country!

Mots clés : changement climatique, France, classification de Köppen, type de climat annuel

Keywords: climate change, France, Köppen classification, annual climate type

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

Introduction :

Présenter et illustrer le changement climatique de manière simple n'est pas toujours une chose aisée. Les valeurs utilisées (moyennes annuelles ou mensuelles) sont des constructions mathématiques qui ne sont pas toujours parlantes en dehors du cercle des scientifiques ; elles masquent, en outre, la variabilité des phénomènes (températures et précipitations notamment). Les classifications climatiques tentent de résoudre cette difficulté en simplifiant la présentation des éléments du climat par une typologie en classes de climats « homogènes ». Ces classifications se sont d'abord basées sur des approches naturalistes ou physionomiques, faisant correspondre des limites de végétation par exemple à des seuils thermiques ou pluviométriques (Köppen, 1900, 1901). Un deuxième type de classifications a cherché davantage à mettre en relation les climats régionaux avec les circulations synoptiques dominantes (Pédelaborde, 1957). Des typologies basées sur des approches statistiques (de type classifications hiérarchiques, Durand-Dastés & Sanders, 1984) ont également été proposées, ainsi que des méthodes plus complexes combinant données climatiques et facteurs de milieu (topographie, occupation des sols, voir par exemple Joly et al, 2010). Une fois la méthode définie, il est possible de la généraliser et de réaliser de manière homogène une carte des climats sur un pays ou sur l'ensemble de la planète (Sanderson, 1999 ; Essenwanger, 2001).

La classification de Köppen correspond au premier type de ces classifications climatiques. A la fin du XIXe siècle, le botaniste allemand a cherché à faire correspondre les grandes limites de végétation du monde à des seuils climatiques simples s'appuyant sur les moyennes annuelles et mensuelles de températures et des précipitations. Par la suite, la méthode a été perfectionnée, les seuils critiqués et améliorés, une synthèse largement utilisée maintenant étant la classification de Köppen-Geiger (Geiger, 1954 ; Kottek et al, 2006). C'est une adaptation de cette méthode à l'échelle de la France que nous proposons d'utiliser ici pour illustrer la manière dont le changement climatique se concrétise sur la période récente et la manière dont elle pourrait s'opérer dans le futur sur la base des sorties de modèles globaux désagrégées, à l'image de ce qui a pu être réalisé à l'échelle du globe par Rubel et Kottek (2010). Cependant, il ne s'agit pas de représenter la nature de ces changements uniquement sous forme de moyennes, la classification de Köppen va donc être également utilisée au pas de temps annuel pour caractériser des Types de Climat Annuel (TCA) dont l'évolution en fréquence au cours du temps permet de mettre en évidence des changements plus subtils.

Données et méthodes

Deux jeux de données sont utilisés ici : dans un premier temps, le changement climatique passé est observé à partir des séries mensuelles de températures et de précipitations pour 40 stations de la France Métropolitaine. Il s'agit des données observées dans le réseau principal de Météo-France, des séries homogènes dont on a cherché à ce que leur localisation couvre de manière optimale le territoire et sa diversité climatique. L'altitude des stations retenues varie entre le niveau de la mer et un peu plus de 1000 mètres d'altitude (Chamonix) : les territoires de haute montagne ne sont donc pas couverts par cette analyse. Les deux périodes d'étude retenues couvrent 30 années, la première entre 1958 et 1987, la seconde entre 1988 et 2017. Le choix de la période de coupure à la fin de la décennie 1980 correspond à une période de rupture bien documentée dans la littérature (Merot et al, 2012) : dans le nord de la France, cela permet de clore la première période par les derniers « grands » hivers années 1985-6-7 et de débuter la seconde par les années chaudes et sèches de 1989-1990.

Dans un deuxième temps, les données du climat futur ont été acquises sur le portail Drias-Les futurs du climat (http://www.drias-climat.fr/, DRIAS, 2021, Soubeyroux et al, 2020). Comme les données de ce portail sont régionalisées sur la grille SAFRAN à 8 kilomètres, pour chacune des 40 stations, les données ont été récupérées au point de grille le plus proche : cette règle a été adaptée pour les stations situées dans des contextes topographiques contrastés de manière à ce que l'altitude du point de grille DRIAS n'ait pas plus de 100 mètres d'écart avec l'altitude du poste afin d'éviter les biais liés au relief. Comme

il ne s’agit pas ici de faire une analyse comparée de l’ensemble des modèles, seuls les résultats obtenus avec les données du modèle CM5-CNRM sont présentés. Pour des raisons de simplicité, le scénario RCP4.5 (souvent présenté comme scénario « intermédiaire ») a été privilégié. Les périodes de références concernent le futur proche (période 2021-2050), moyen (2041-2070) et lointain (2071-2100) telles que préconisées par le portail DRIAS. Pour la dernière période (fin du XXIe siècle) les données du scénario RCP8.5 sont également présentées afin d’illustrer la manière dont pourrait se traduire le changement climatique en France en cas de scénario « pessimiste » en termes d’émissions de gaz à effet de serre.

Au total, ce sont donc 6 périodes d’analyse sur lesquelles va être appliquée la méthode de Köppen : observations 1958-1987 et 1988-2017, modélisations RCP4.5 2021-2050, 2041-2070, 2071-2100 et RCP8.5 2071-2100.

La classification de Köppen est construite à l’échelle de l’ensemble du globe en divisant 5 grandes familles de climats désignés par des lettres majuscules : A = climats chauds, B = climats arides et semi-arides, C = climats tempérés sans hiver froid, D= climats tempérés à hiver froid (c’est-à-dire au moins un mois dont la température moyenne est inférieure à -3°C) et E = climats froids. Les types A et E ne s’appliquent pas à la France métropolitaine. La typologie de Köppen est complétée par des lettres minuscules qui viennent préciser la répartition des précipitations : w = saison sèche l’hiver (régimes tropicaux ou continentaux), s = saison sèche estivale (définie ici comme un mois d’été avec des précipitations inférieures à 2 fois la température moyenne) et f = pas de saison sèche. Une dernière lettre permet de caractériser l’intensité du froid hivernal (pour les climats D) et la chaleur estivale, un mois d’été étant considéré comme chaud lorsque sa moyenne dépasse 22°C. Tous ces seuils sont évidemment critiquables mais ils ont l’avantage de leur simplicité et d’être largement utilisés à travers le monde ce qui permet des comparaisons simples. Par exemple, le type Csa correspond à un climat tempéré sans hiver froid (C), à saison sèche estivale (s) et été chaud (a), ce que l’on peut résumer comme un type méditerranéen. Le détail de la classification, ses limites et critiques peuvent être consultées dans Geiger (1954), Eveno et al (2016), Dubreuil et al (2019).

L’application de cette classification va donc être réalisée sur les moyennes des températures et précipitations des 40 villes et points de grilles pour les 6 périodes définies plus haut : on définit ainsi le type moyen de Köppen. Pour simplifier la lecture, le tableau 1 rappelle les principaux types observés en France (parmi les 30 types de la classification mondiale) : en plus du code de Köppen, on propose une appellation générique qui renvoie à une région française ou voisine de la France où le type en question peut être observé actuellement (Viers, 1968) : là aussi, ces choix sont arbitraires et visent simplement à rendre plus didactique la présentation. Noter que tous les types de climats D ont été rassemblés dans une seule et même classe.

Type	Nom (indicatif)	Caractéristiques
D	Montagnard	Tempéré à hiver froid (influences continentales)
Cfb	Breton	Tempéré à été frais sans saison sèche
Csb	Charentais	Tempéré à été frais et sec
Cwb	*Mexicain (*)*	*Tempéré à été frais et saison sèche hivernale*
Cfa	Danubien	Tempéré à été chaud sans saison sèche
Csa	Méditerranéen	Tempéré à été chaud et sec
Cwa	*Subtropical (*)*	*Tempéré chaud et saison sèche hivernale*
BSk	Sarde	Semi aride frais
BSh	Sicilien	Semi aride chaud
BW	*Tunisien (*)*	*Aride et chaud*

Tableau 1 : principaux types de Köppen rencontrés en France. (*) Les types en italique sont très faiblement représentés dans les TCA en France.

La même méthode est ensuite utilisée pour caractériser chacune des années prises individuellement afin de tenir compte de la variabilité interannuelle du climat et l'aborder en termes de fréquences : on identifie ainsi des Types de Climat Annuel (TCA, Brisse et al, 1982) pour les 30 années de chaque période, ce qui permet d'entrer plus finement dans l'analyse du climat d'une région. Une telle approche a déjà été menée en Argentine (Planchon & Rosier, 2005), au Brésil (Dubreuil et al, 2019) et en France (Eveno et al, 2016). On peut ainsi distinguer les stations dont les TCA sont peu différenciés de celles qui connaissent des influences climatiques multiples. Ainsi, à Nice, pour la période 1958-1987, le type moyen Csa est effectivement observé dans 77% des cas, mais 13% des années correspondent à des années « fraîches » (Csb) et 10% à des années semi arides (BSk). A Lyon, en revanche, le type moyen Cfb n'est observé que dans 40% des cas, presque autant que le type Csb (37%), avec une fréquence non négligeable d'années méditerranéennes (Csa=13%) mais aussi des influences plus diverses (D, Cwb, Cfa) montrant la plus grande difficulté à classer le climat lyonnais ! Dans le cas de Brest, le type moyen (Cfb) n'est pas le TCA le plus représenté (43% des années contre 57% pour le type Csb). Il s'agit d'une situation assez classique dans la moitié nord de la France (même en Bretagne !) : en effet, il est fréquent que pour une année donnée un mois d'été soit considéré comme sec (basculant donc dans le type Csb) alors que la moyenne pluriannuelle sur ce même mois donne une moyenne des précipitations plus élevée du fait de l'occurrence d'autres mois plus arrosés, d'où le type moyen Cfb.

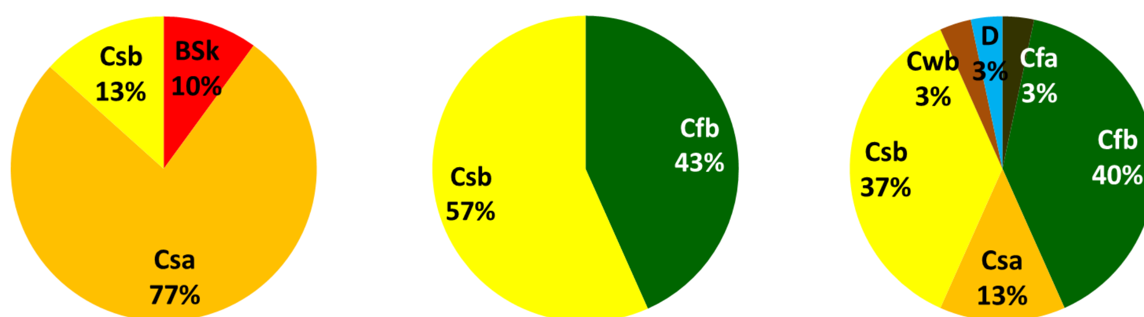
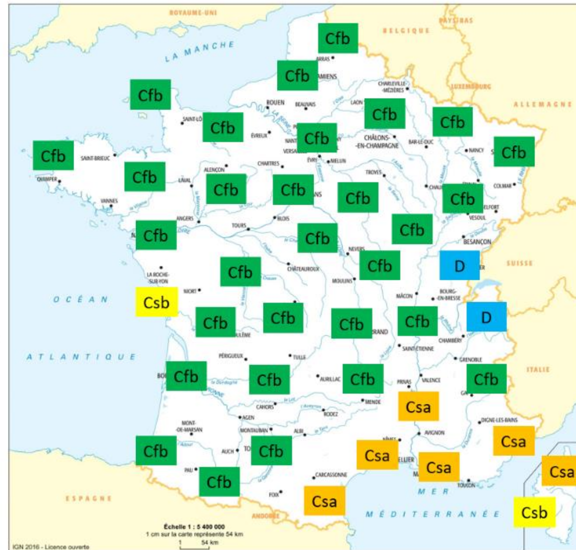


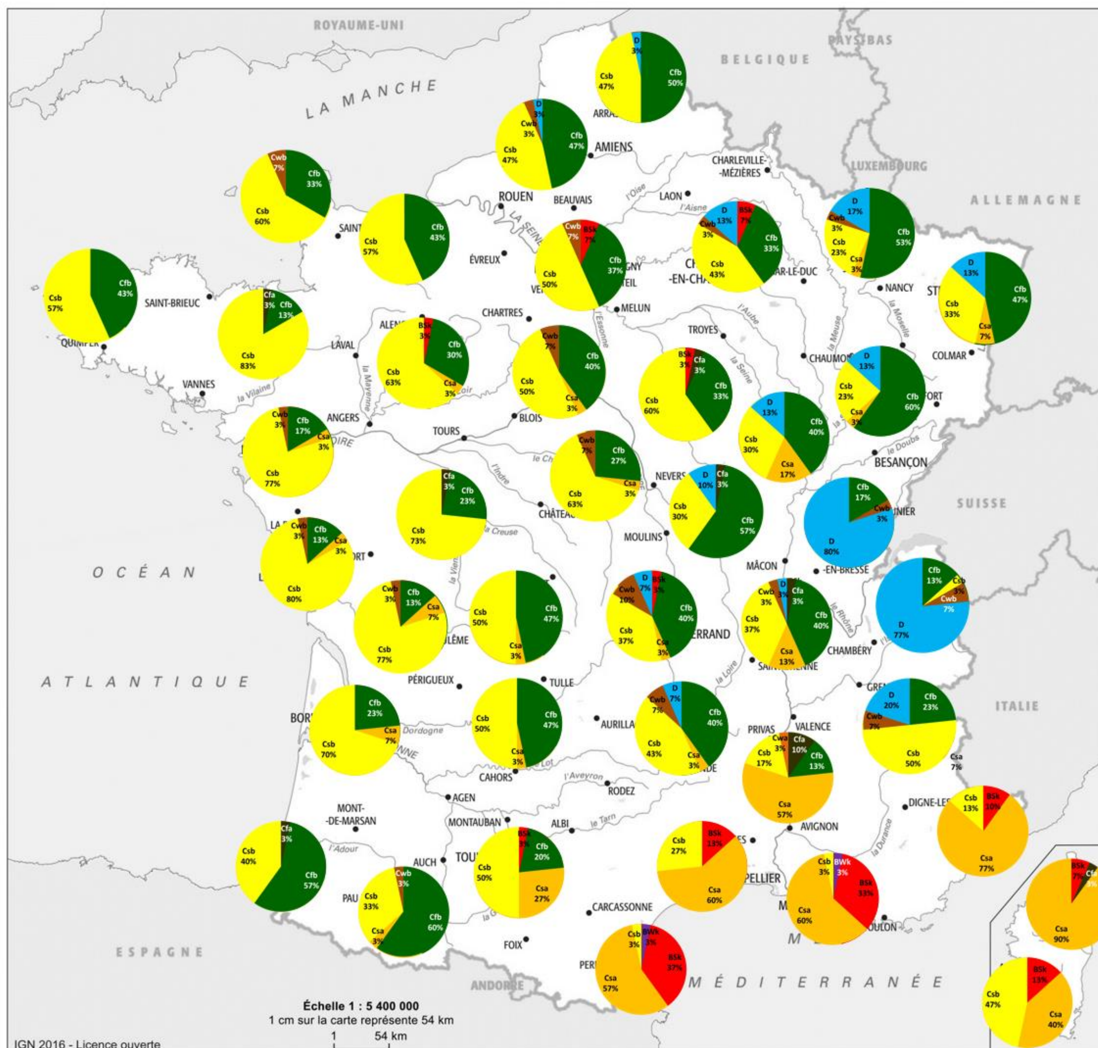
Figure 1 : Fréquences des TCA à Nice (gauche), Brest (centre) et à Lyon (droite) pour la période 1958-1987.

Le changement climatique passé : le recul du froid !

Les figures 2 et 3 permettent de montrer l'évolution des types moyens de Köppen (a) ainsi que la fréquence des TCA pour chacune des deux périodes d'observation (b). Le type moyen Cfb est largement dominant en France : 30 stations sur 40 relèvent de ce type pour la première période et encore 28 (70%) pour la seconde. Mais le TCA le plus fréquent dans la moitié nord et ouest est plutôt le type Csb qui est majoritaire de Toulouse à Bordeaux jusqu'au Bassin Parisien et englobant le Nord-Ouest du Pays. Pour autant, le type moyen Csb ne concerne que 2 stations : La Rochelle et Ajaccio pour 1958-1987 et La Rochelle et Rennes pour 1988-2017. Les TCA Cfb ne sont majoritaires pour la première période que dans le sud-ouest (Biarritz, Tarbes) et le nord-est (de Château Chinon à Strasbourg). Vers l'est, le type moyen D ne s'impose qu'à Mouthe et Chamonix, mais la fréquence des TCA D concerne 12 autres stations de Briançon à Lille, montrant la diminution progressive des influences continentales et montagnardes quand on se dirige vers l'océan. Toujours pour la première période, le type moyen Csa est strictement limité à la Méditerranée mais s'étend jusqu'à Montélimar où ces TCA sont aussi majoritaires. Ces TCA « méditerranéens » sont cependant en proportion significative du sud-ouest (27% à Toulouse) jusqu'en Alsace (7% à Strasbourg, comme à Bordeaux) en passant par le centre-est (13% à Lyon, 17% à Dijon).



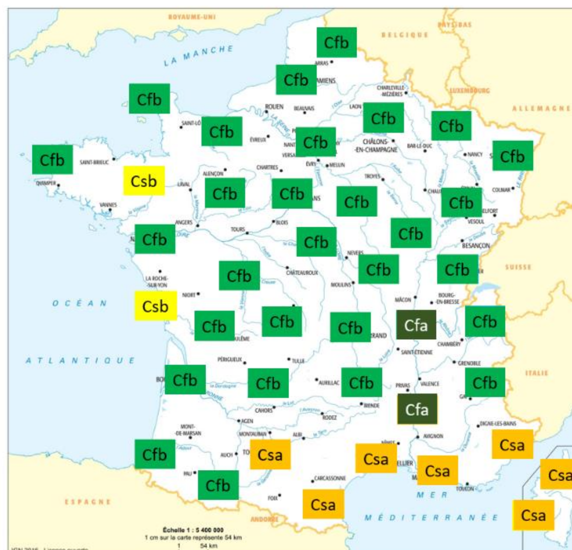
(a)



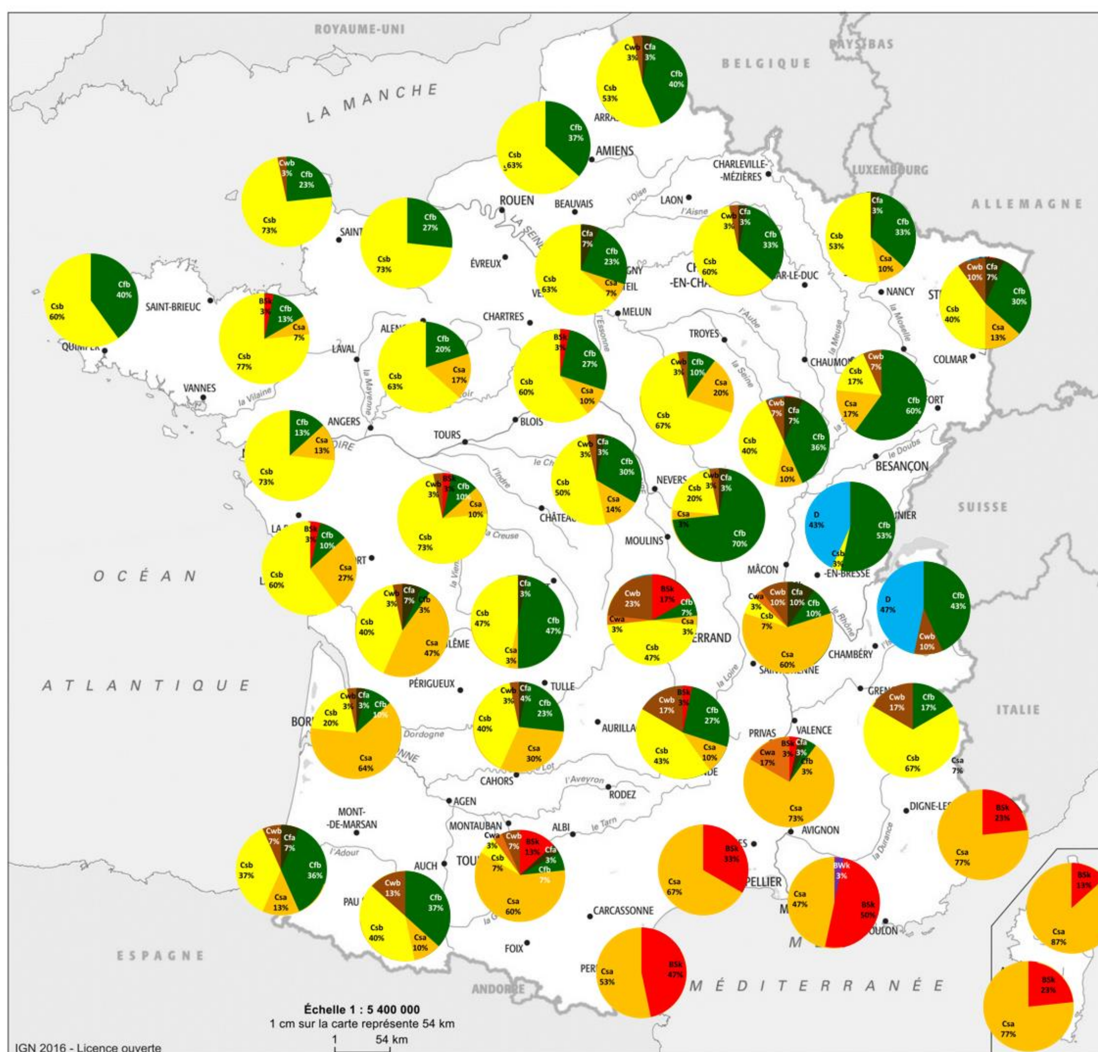
(b)

Figure 2 : Classification de Köppen en France pour la période 1958-1987

(a) Types moyens sur l'ensemble de la période. (b) Fréquence des Types de Climats Annuels.



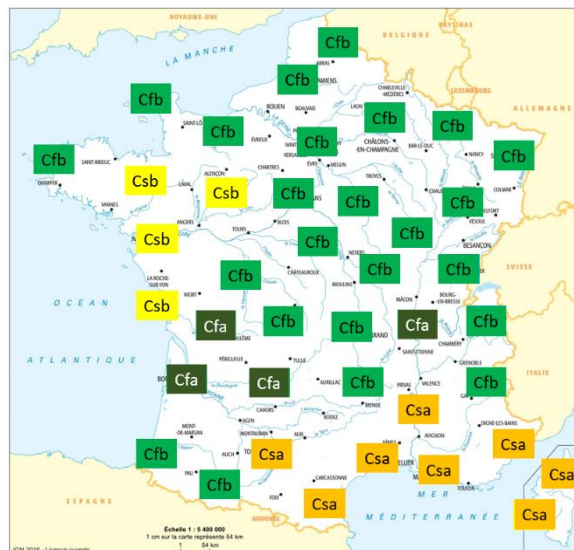
(a)



(b)

Figure 3 : Classification de Köppen en France pour la période 1988-2017

(a) Types moyens sur l’ensemble de la période. (b) Fréquence des Types de Climats Annuels.



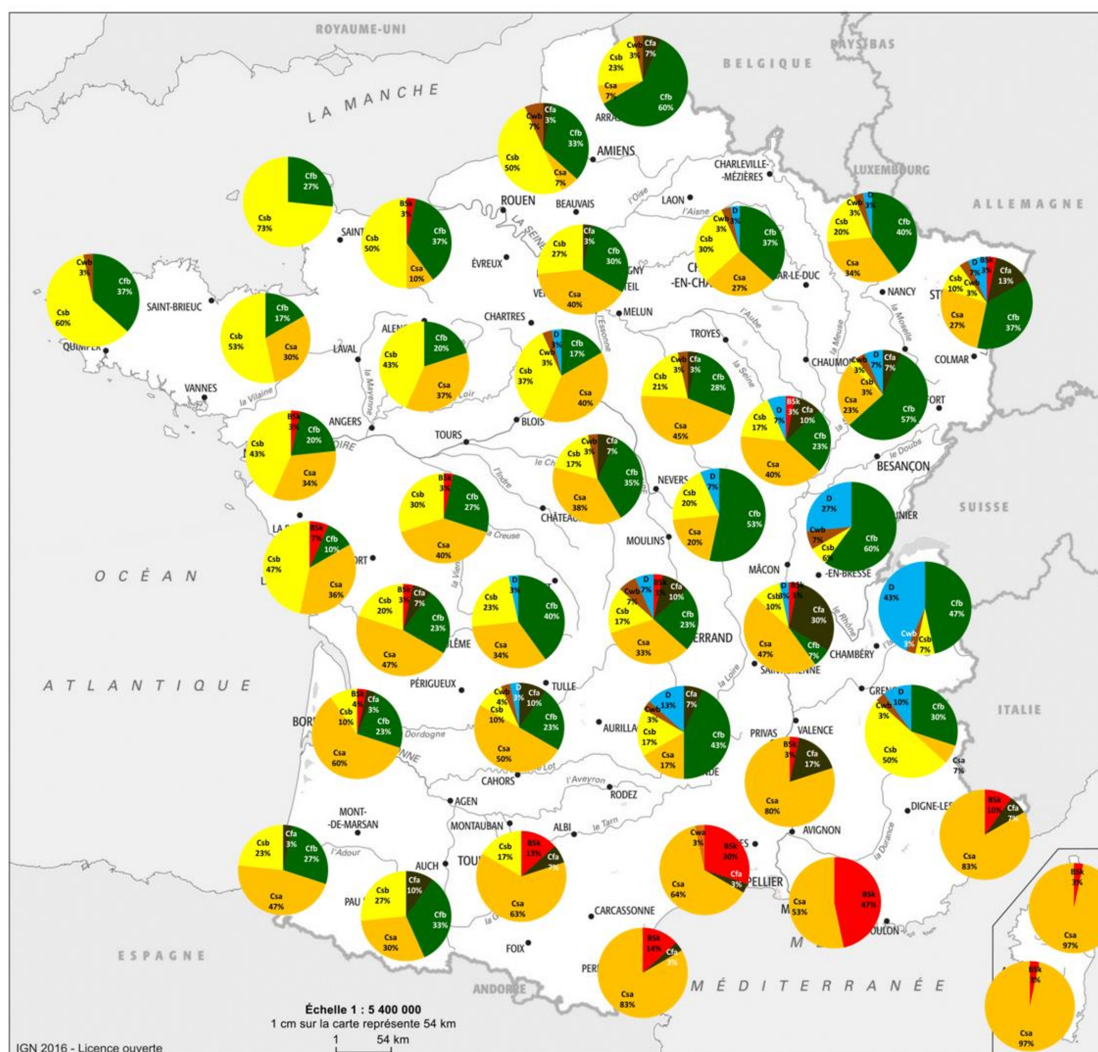
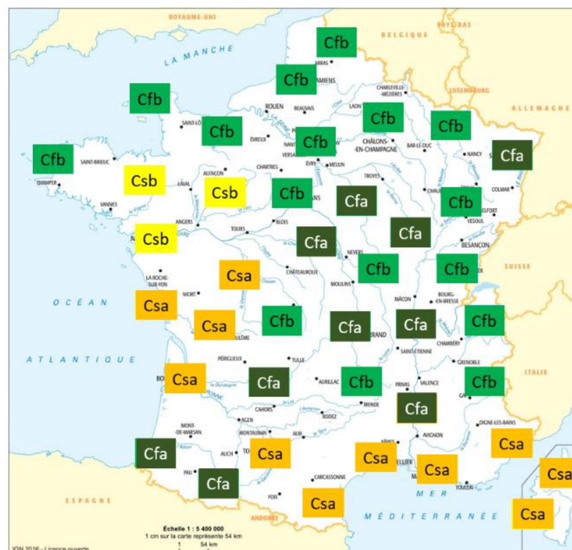
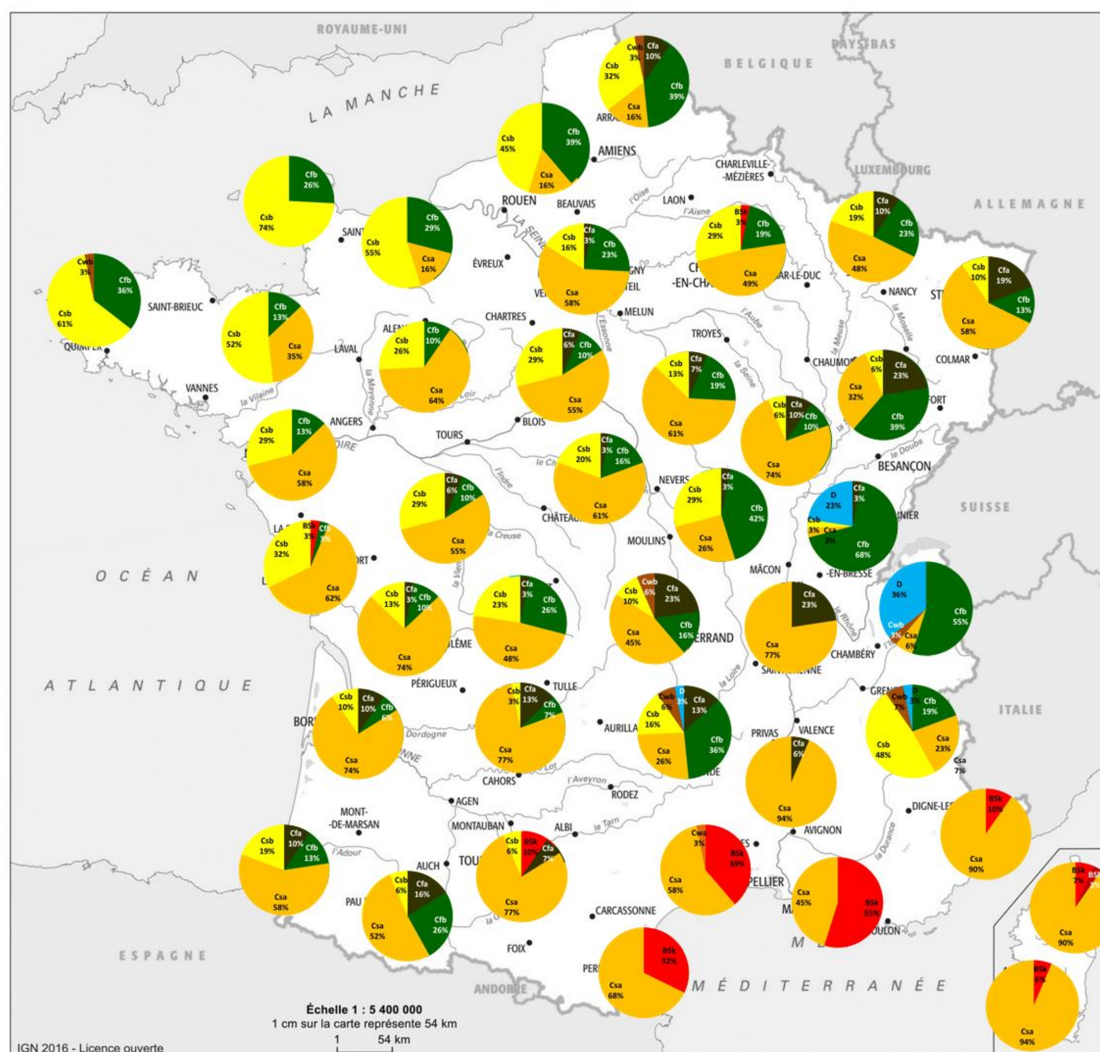


Figure 4 : Classification de Köppen en France pour la période 2021-2050, RCP4.5

(a) Types moyens sur l'ensemble de la période. (b) Fréquence des Types de Climats Annuels.



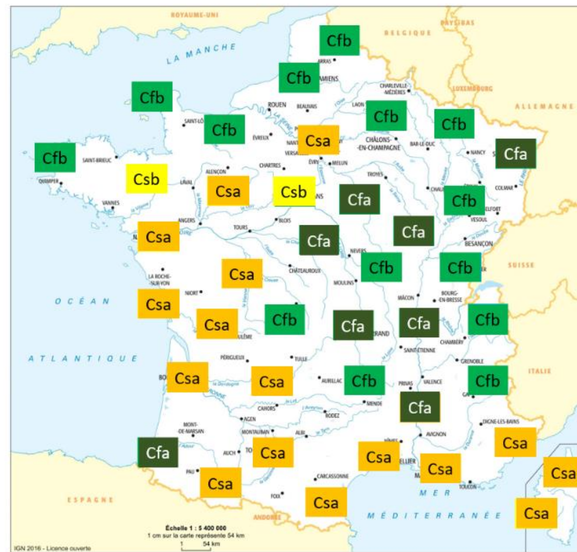
(a)



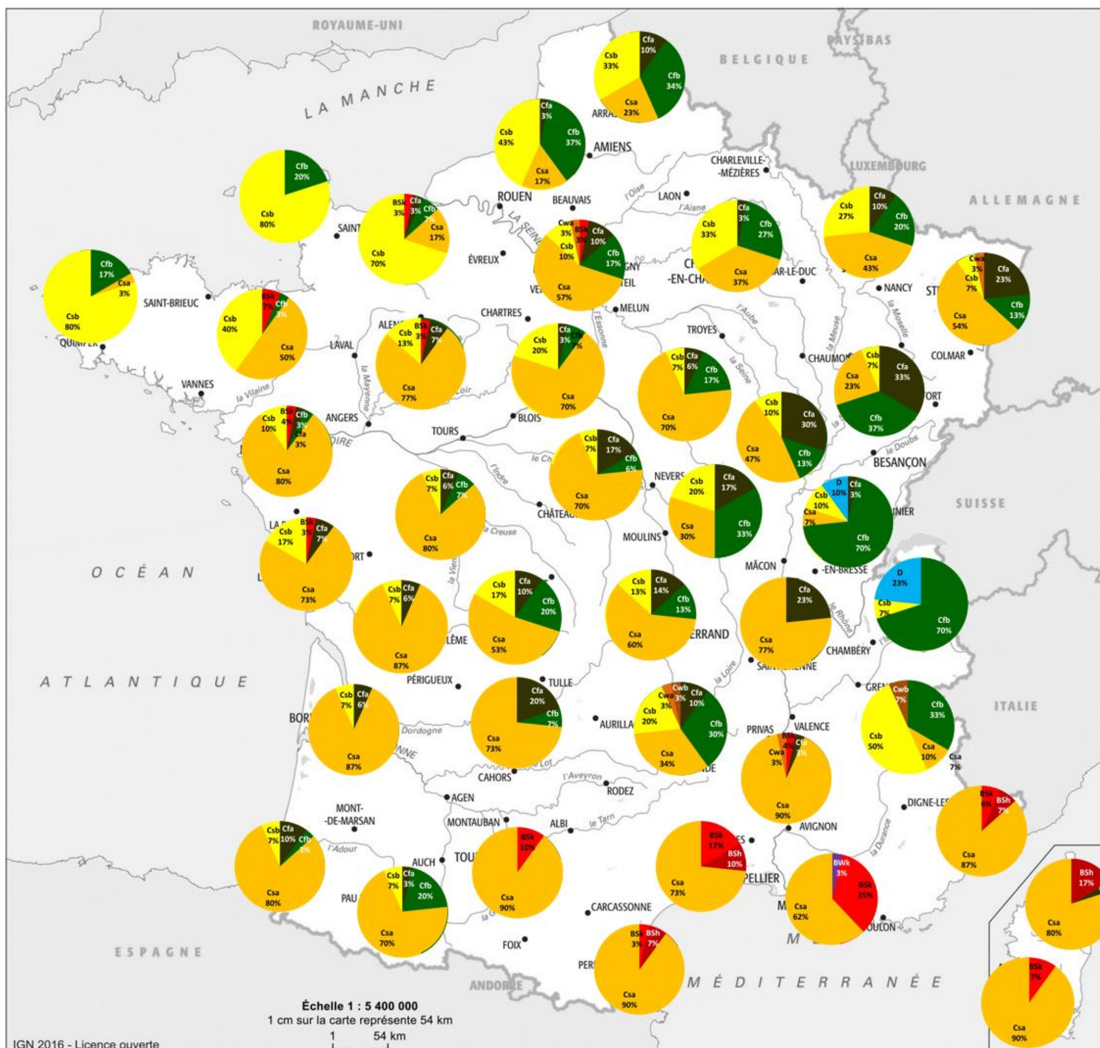
(b)

Figure 5 : Classification de Köppen en France pour la période 2041-2070, RCP4.5

(a) Types moyens sur l'ensemble de la période. (b) Fréquence des Types de Climats Annuels.



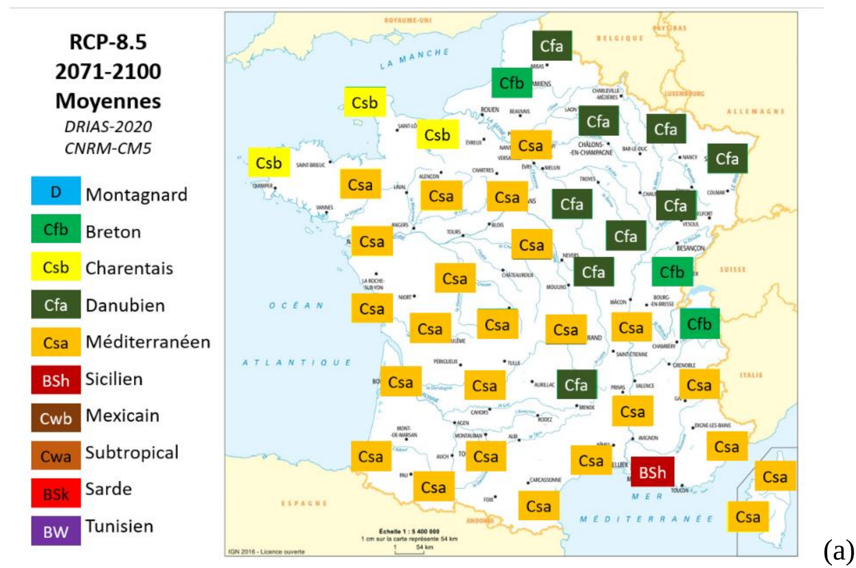
(a)



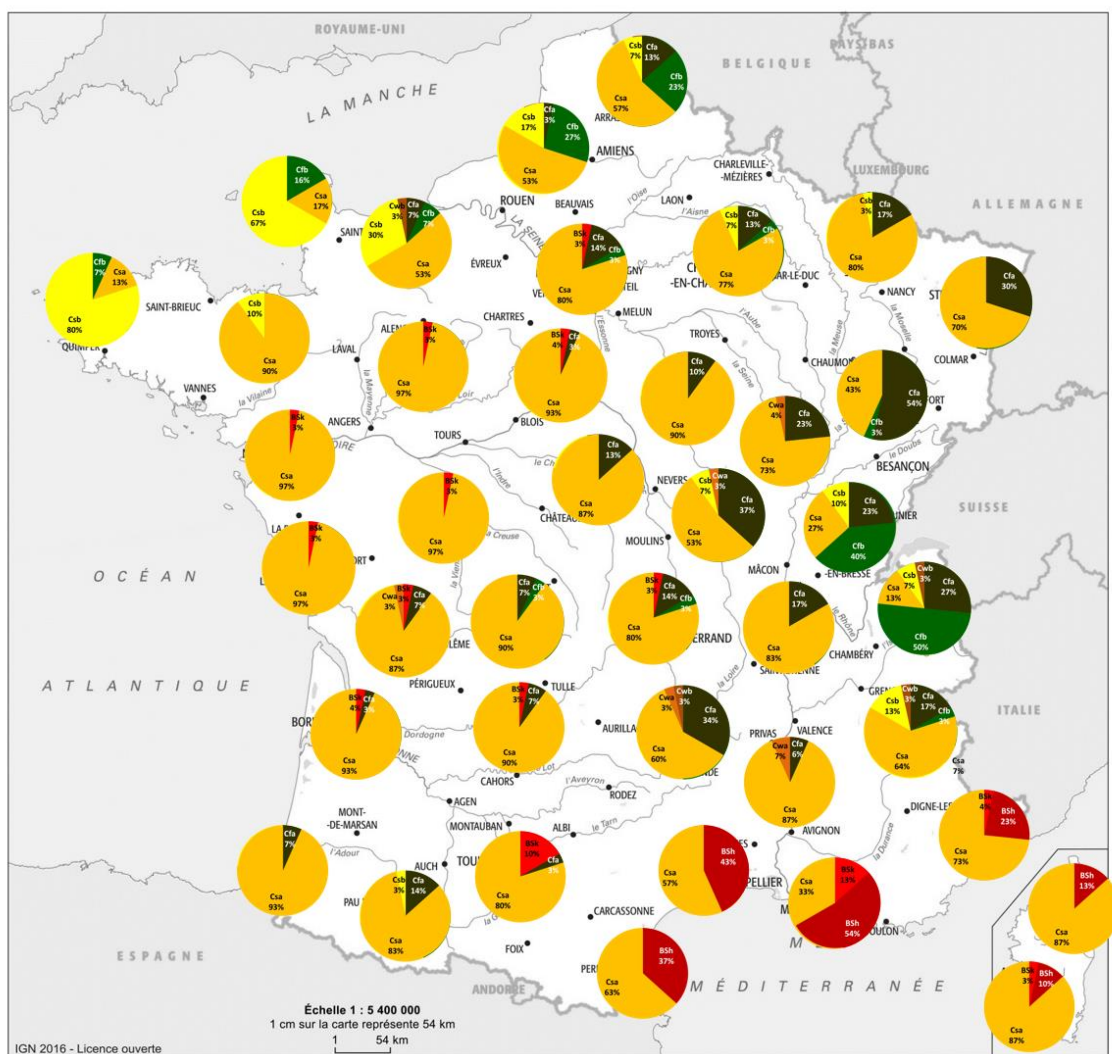
(b)

Figure 6 : Classification de Köppen en France pour la période 2071-2100, RCP4.5

(a) Types moyens sur l'ensemble de la période. (b) Fréquence des Types de Climats Annuels.



(a)



(b)

Figure 7 : Classification de Köppen en France pour la période 2071-2100, RCP8.5

(a) Types moyens sur l’ensemble de la période. (b) Fréquence des Types de Climats Annuels.

Entre ces deux périodes, seulement 6 stations changent de type moyen : les types D à Mouthe et Chamonix basculent en Cfb et, effectivement, la proportion des TCA correspondant passe des trois-quarts à moins de la moitié. Les TCA de type D disparaissent d'ailleurs de toutes les autres stations, illustrant l'absence d'hivers rigoureux sur la dernière période de mesures.

Deux autres changements correspondent à des effets de seuils : Ajaccio passe de Csb à Csa car, si la moyenne du mois le plus chaud l'été était déjà très proche de 22°C avant 1957°, elle devient systématiquement supérieure à ce seuil ensuite. Pour Rennes, qui passe de Cfb à Csb c'est la faiblesse chronique des pluies d'été (qui évoluent peu entre les deux périodes) qui fait passer dans le seuil de sécheresse du fait de températures devenues un peu plus élevées. Les autres changements concernent Toulouse dont les TCA deviennent majoritairement Csa et qui passe donc en moyenne également dans cette catégorie. Enfin Lyon et Montélimar basculent en type moyen Cfa, dans les deux cas avec une proportion de TCA de ce type largement minoritaire et une proportion croissante des types Csa qui représentent désormais nettement plus de la moitié des occurrences.

Si la grande majorité des stations ne changent pas de type moyen, cela ne signifie pas que le climat n'a pas changé, et c'est la aussi tout l'intérêt de l'étude des TCA : ainsi, l'augmentation de la fréquence des types Csa aux dépends des types Csb dans l'ouest et le nord témoigne bien d'un réchauffement généralisé du climat. Dans les stations méditerranéennes dont le type moyen ne change pas non plus, la fréquence des TCA montre la disparition des types Csb au profit des types Csa ou BSk : de manière générale, c'est bien à un réchauffement du climat auquel on a assisté en France depuis la fin des années 1950, ce qui se traduit par quelques (rares) basculement de type de climat moyen mais une modification bien plus significative de la fréquence des TCA au profit des classes les plus « chaudes » (Csa et secondairement Cfa) et au détriment des classes « froides » (D surtout).

Le changement climatique futur : vers une « méditerrannéisation » du climat ?

Les figures 4, 5 et 6 montrent comment se manifesterait le changement climatique au cours du XXIe siècle dans le cadre du scénario RCP4.5. Le phénomène de réchauffement du climat français se poursuit en faisant basculer progressivement un nombre croissant de stations dans les types chauds (Csa ou Cfa) : elles étaient au nombre de 9 pour la période 1988-2017, elles passent à 12 pour la période 2021-2050 (toutes dans la moitié sud du pays), puis à 21 pour l'horizon médian (plutôt à l'est du pays de Bourges à Strasbourg) et à 24 pour l'horizon lointain, incluant désormais des stations occidentales (Nantes, le Mans et même Paris) éloignées des côtes. Dans le sud-ouest les types moyens à été chaud passent souvent vers le type Cfa avant de passer en type Csa (Bordeaux) mais ailleurs, le passage est plus rapide du type Cfb vers le type Csa (Poitiers, Paris), alors que dans le nord ouest, le type moyen Csb s'intercale entre les types Cfb et Csa (Nantes, Le Mans). En fin de siècle, 16 stations (40%) ont basculé en type méditerranéen dans le cadre de ce scénario contre 14 qui sont en type Cfb et 8 en Cfa (tableau 2).

Type de Köppen	Observations 1958-1987	Observations 1988-2017	RCP4.5 2021-2050	RCP4.5 2041-2070	RCP4.5 2071-2100	RCP8.5 2071-2100
D	2	0	0	0	0	0
Cfb	30	29	24	16	14	3
Csb	2	2	4	3	2	3
Cfa	0	2	4	10	8	9
Csa	6	7	8	11	16	24
BSh	0	0	0	0	0	1

Tableau 2 : Nombre de stations par types moyens de climat de Köppen et par périodes

L'évolution de la fréquence des TCA fait ressortir encore plus nettement l'expansion des types Csa vers l'ouest et le nord du pays : ils représentent plus du quart des années dans toutes les stations au sud d'une ligne Rennes-Strasbourg (montagnes exclues) pour l'horizon proche ; en milieu de siècle (horizon médian), c'est plus de la moitié au sud d'une ligne Nantes-Paris-Strasbourg ; en fin de siècle, seules les régions proches de la Manche et de montagne n'ont pas un TCA majoritaire Csa. La fréquence des années à été chaud et sec deviendrait donc largement prédominante sur l'hexagone !

Trois autres évolutions sont à observer en parallèle à cette « méditerrannéisation » du climat français.

D'abord, la disparition progressive des années à hiver froid : encore bien présentes en futur proche (43% à Chamonix, 13% au Puy, 7% de Château-Chinon à Strasbourg), elles disparaissent de toutes les stations en dehors des régions de montagne dans l'horizon médian et ne restent significatives que dans le Jura et les Alpes. Dans ces dernières régions, même en fin de siècle, leur fréquence devient très secondaire : 23% à Chamonix, 10% à Mouthe !

Deuxième tendance significative, le développement d'années à été chaud et humide (type Cfa, un type de climat observé actuellement en Europe de la plaine du Pô aux régions danubiennes). Très rare dans la période historique, ce TCA monte en puissance dans la France de l'est : 13% à Strasbourg et 30% à Lyon dans le futur proche, ce TCA représente entre 10 et 25% des années de Lille au Puy et jusque dans le sud-ouest (16% à Tarbes) dans le futur médian : seules les régions méditerranéennes et du nord-ouest ne sont pas concernées par ce TCA. Certaines le sont marginalement dans le futur lointain (moins de 10% de Caen à la Rochelle) mais c'est surtout à l'est que les proportions deviennent significatives : 30% à Dijon ou Luxeuil. Plus qu'une humidification du climat estival, il faut plutôt voir ici le réchauffement de l'été qui fait basculer des années classées Cfb en début de siècle dans le type Cfa en fin de siècle.

La dernière évolution concerne les régions méditerranéennes qui, si elles ne changent toujours pas de type moyen voient une augmentation significative des TCA semi-arides : jusqu'à l'horizon médian, ce sont surtout les TCA BSk qui augmentent mais ceci est très variable d'une station à l'autre. En fin de siècle, c'est l'apparition du type semi-aride chaud (BSh, soit avec une moyenne annuelle supérieure à 18°C) qui est remarquable : près de 10% des années de Perpignan à Nice et jusqu'à 17% à Bastia. Le maintien des stations méridionales en type Csa ne doit donc pas cacher un réchauffement qui se manifeste par une plus forte aridité.

Cette aridification se matérialise encore plus si on observe les résultats du scénario RCP8.5 de la figure 7. Les TCA BSh représenteraient plus du quart des années (un peu moins en Corse) sur le littoral méditerranéen et plus de la moitié des observations à Marseille : cette ville serait même la seule à basculer en type moyen BSh ! Dans ce scénario pessimiste, la carte de France a viré à l'orange : 24 stations ont basculé en type Csa et la fréquence des TCA correspondants prédominent très largement sur plus des trois-quarts du pays. Seules échappent au type méditerranéen, les régions du littoral de la Manche (passées en Csb), le Jura, les Alpes (avec Abbeville les trois types moyens Cfb qui subsistent !) tandis que le quart nord-est se classe désormais entièrement en Cfa ; dans ces régions, cependant, le type Csa est nettement majoritaire (sauf à Luxeuil). Ces cartes montrent une image du futur du climat de la France à la fois très différente de l'actuelle et moins diversifiée en termes de fréquences de TCA.

Discussions et conclusion

Rappelons ici pour commencer que ces cartes ne sont que des futurs possibles dans le cadre limité d'un article essayant d'illustrer le changement climatique : seulement deux scénarios sont présentés ici et seul un modèle (celui du CNRM) a été utilisé : or, on sait que la variabilité entre modèles peut être importante, surtout quant au volume et à la distribution saisonnière des précipitations. Des tests de sensibilité de ces résultats avec d'autres modèles restent à faire. De plus, la classification de Köppen, de par sa nature universelle, est forcément plus facile à critiquer (ses seuils notamment) quand on l'applique à un territoire réduit comme celui de la France ; elle n'utilise en outre que des données de températures et de précipitations mensuelles, occultant les autres éléments du climat (vent, nébulosité) et les évènements infra-mensuels (jours de gel par exemple). Pour ces raisons, si en 2100, Nice et Paris se retrouvent dans le même type moyen Csa (méditerranéen), le climat de Paris ne sera pas celui de Nice

tel qu'il sera dans le futur ou tel qu'il est actuellement : c'est une limite des méthodes des analogues qui tient aussi au fait que les contextes géographiques (latitude, situation topographique notamment) resteront différents entre ces deux régions et que la combinaison des types de temps et de circulation se matérialisera de manière différente… même si, au bout du compte, les deux villes seront dans la même classe de Köppen ! Enfin, même si le choix des 40 villes a essayé de respecter une certaine diversité des climats de la France, cette étude ne permet pas de tenir compte ici de toutes les nuances qui peuvent s'exprimer en fonction du relief, de l'occupation des sols, etc…

Ces précautions rappelées, la classification de Köppen permet tout de même d'illustrer très simplement et clairement le changement climatique passé et à venir en France. Si on compare la situation 1958-1987 avec le climat de la fin du XXIe siècle dans le scénario RCP8.5, seules 6 stations sur 40 ne changeraient pas de type moyen de Köppen (essentiellement les stations méditerranéennes plus Abbeville). Le changement serait moins spectaculaire avec le scénario RCP4.5 avec 16 stations restant dans la même classe entre ces deux périodes. Toutes les analyses montrent une augmentation des types chauds (Csa, Cfa) au détriment des types frais (D et Cfb) illustrant clairement le réchauffement climatique et le caractère de plus en plus « méditerranéen » du climat de la façade ouest de l'Europe, déjà bien documenté (Rubet et Kottek, 2010 ; Merot et al, 2012 ; IPCC, 2014).

La fréquence des TCA nuance ce tableau car une classification basée sur des moyennes trentenaires peut cacher des évolutions plus subtiles sans changement de classe. Cette méthode illustre bien comment l'augmentation progressive des TCA Csa font progressivement basculer les stations du sud au nord dans ce climat de type méditerranéen. L'uniformisation des fréquences de TCA du sud-ouest au centre de la France semble indiquer une variabilité plus faible des TCA à la fin de ce siècle par rapport au siècle précédent. La disparition progressive des TCA de type D ainsi que la montée des types Cfa à l'est et BSh au sud-est est également très claire. Ces cartes des climats de la France de la fin du XXIe siècle et la fréquence des années caractéristiques associées (notamment pour le scénario RCP8.5) n'auraient plus grand-chose à voir avec la situation que nous avons connu jusqu'à maintenant.

Bibliographie

BRISSE H., GRANDJOUAN R., DE RUFFRAY P., 1982 : Les types de climats annuels, un mode d'expression des gradients climatiques intégrant les variations interannuelles. La Météorologie, VIe série, 31, 39-81.

DRIAS (Collectif), 2021 : Les nouvelles projections climatiques de référence DRIAS 2020 pour la métropole. Rapport disponible en ligne : http://www.drias-climat.fr/document/rapport-DRIAS-2020-red3-2.pdf

DUBREUIL V., FANTE K.P., PLANCHON O., SANT'ANNA NETO J.L., 2018 : Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. International Journal of Climatology. (39)3, 1446-1456.

DURAND-DASTÈS F., SANDERS L., 1984 : Les contrastes climatiques : noyaux et zones de transition. In Theo Quant, Géoscopie de la France, Paradigme, Paris, 91-101.

ESSENWANGER, O. M., 2001: Classification of Climates, World Survey of Climatology 1C, General Climatology. – Elsevier, Amsterdam, 102 pp.

EVENO M., PLANCHON O., OSZWALD J., DUBREUIL V., QUENOL H., 2016 : Variabilité et changement climatique en France : analyses au moyen de la classification de Köppen et des « types de climats annuels ». Climatologie (13), 47-70.

GEIGER, R., 1954: Landolt-Börnstein – Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik, alte Serie Vol. 3, Ch. Klassifikation der Klimate nach W. Köppen. – Springer, Berlin. 603–607.

IPCC, 2014 : Climate Change 2014 : Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R. K. Pachauri et L. A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.

JOLY D., BROSSARD T., CARDOT H., CAVAILHES J., HILAL M., WAVRESKY P., 2010. Les types de climats en France, une construction spatiale. Cybergeo : European Journal of Geography [En ligne], http://journals.openedition.org/cybergeo/23155

KÖPPEN W., 1900 : Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. Geogr. Zeitschrift, 6, 657–679.

KÖPPEN W., 1901 : Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. Meteorologische Zeitschrift, 18, 106–120.

KOTTEK M., GRIESER J., BECK C., RUDOLF B., RUBEL F., 2006 : World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift., 15, 259-263.

MEROT P., DUBREUIL V., DELAHAYE D., DESNOS P., (dir.), 2012 : Le climat change dans l'Ouest, Evaluation, Impacts, Perceptions. Presses Universitaires de Rennes, 458 pages.

PÉDELABORDE P., 1957 : Le climat du bassin Parisien – Essai d'une méthode rationnelle de climatologie physique. Paris : Génin, 539 p.

PLANCHON O., ROSIER, K., 2005 : Climat et variabilité climatique dans le Nord-Ouest de l'Argentine : problèmes posés et analyse durant la deuxième moitié du vingtième siècle. Annales de l'Association Internationale de Climatologie, 2, 55-76.

RUBEL F., KOTTEK M., 2010 : Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. Meteorol. Zeitschrift, 19, 135-141.

SANDERSON M., 1999 : The classification of climates from Pythagoras to Koeppen. Bull. Amer. Meteor. Soc., 80, 669–673.

SOUBEYROUX J.-M., BERNUS S., CORRE L., GOUGET V., KERDONCUFF M., SOMOT S., TOCQUER F., 2020 : Le nouveau jeu de simulations climatiques régionalisées sur la France pour le service DRIAS. Actes du XXXIIIème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Rennes. p.637-642.

VIERS G., 1968 : Éléments de climatologie. Nathan, Paris, 224 p.